

# Eine Methode zur Berechnung von Bevorratungskennzahlen für die Ersatzteilplanung<sup>1)</sup>

Dr.-Ing. H.-J. Petersohn, KDT, Institut für Landmaschinentechnik Leipzig des VEB Weimar-Kombinat

## 1. Problemstellung

Für die bedarfsgerechte Ersatzteilversorgung sind sowohl die volkswirtschaftlich begründete Bemessung der Lagerbestände im Ersatzteilversorgungssystem als auch die operative Steuerung der in den verschiedenen Ersatzteillagern vorhandenen Bestände erforderlich [1].

Die für die Einsatzbetreuung der landtechnischen Arbeitsmittel in den Versorgungslagern der VEB Kreisbetrieb für Landtechnik (KfL) vorhandenen Ersatzteilbestände müssen die für den Hauptprozeß „landwirtschaftliche Produktion“ erforderliche Verfügbarkeit der Technik gewährleisten. Ebenso dürfen die in den Ersatzteillagern der spezialisiert instand setzenden Betriebe gehaltenen Bestände die Kontinuität der spezialisierten Instandsetzung nicht gefährden. Andererseits muß verhindert werden, daß durch überhöhte Ersatzteilbestände in diesen Lagern die gebundenen Umlaufmittel so groß werden, daß die Materialökonomie des Hilfsprozesses „Instandhaltung“ infolge zu großer Sicherheitsbestände in Frage gestellt wird. Die Berechnung begründeter Ersatzteilbestände stellt somit ein Optimierungsproblem dar.

In den gesetzlichen Bestimmungen [2] wird bezüglich der Erstellung von Kennzahlen für die Ersatzteilbevorratung gefordert, „auf der Grundlage der Rechtsvorschriften für die Bestandhaltung... ökonomisch begründete Kennziffern für Ersatzteile und Baugruppen auszuarbeiten und bei der Planung zu berücksichtigen. Sie sind unter Leitung des jeweils übergeordneten Organs bei den

- Finalproduzenten
  - zuständigen Versorgungseinrichtungen
  - Instandsetzungsbetrieben
- zu erarbeiten und anzuwenden.“

Die Berechnung derartiger Kennzahlen für die Ersatzteilbevorratung wird gegenwärtig im wesentlichen auf der Grundlage von Mittelwerten sowie auf der Basis von Erfahrungswerten durchgeführt. Der folgende Beitrag behandelt als Schwerpunkt die wissenschaftlich begründete Bestimmung der erforderlichen

Ersatzteilbestände in den Kreisversorgungslagern (KVL) der VEB KfL.

Die vorzustellende Methode gestattet auf der Basis einer Teiloptimierung die Berechnung von Ersatzteil-Bevorratungskennzahlen (BKZ). Sie ist analog übertragbar auf die Berechnung günstiger Ersatzteilbestände in den Lagern der spezialisiert instand setzenden Betriebe.

## 2. Definitionen und Berechnungsformeln der Planungskennzahlen für den Ersatzteilbedarf

Die in Praxis und Theorie gebräuchliche Planungskennzahl für Ersatzteile ist die Verbrauchskennzahl (VKZ). In Übereinstimmung mit ihrer verbindlichen allgemeinen Definition in den Standards [3] [4] werden für die vorzustellende Methode folgende Kategorien der VKZ unterschieden und definiert:

**Maschinenbezogene Verbrauchskennzahl für operative Instandsetzungen während der Kampagne  $VKZ_{KIM}$ :**

Kennzahl des mittleren Ersatzteilverbrauchs je Maschine für die operativen Instandsetzungen im Kampagneinsatz

$$VKZ_{KIM} = V_{KI}/M; \quad (1)$$

$V_{KI}$  Anzahl der während des Kampagneinsatzes ausgetauschten Teile einer Ersatzteilposition

$M$  Anzahl der untersuchten Maschinen.

**Maschinenbezogene Verbrauchskennzahl für spezialisierte Instandsetzungen<sup>2)</sup> außerhalb der Kampagne  $VKZ_{SIM}$ :**

Kennzahl des mittleren Ersatzteilverbrauchs je Maschine (je Großbaugruppe<sup>3)</sup>) für die spezialisierten Instandsetzungen außerhalb des Kampagneinsatzes

$$VKZ_{SIM} = V_{SI}/M; \quad (2)$$

$V_{SI}$  Anzahl der während der spezialisierten Instandsetzung ausgetauschten Teile einer Ersatzteilposition.

**Relative Verbrauchskennzahl für operative Instandsetzungen während der Kampagne  $VKZ_{KIr}$ :**

Auf ein Teil einer Ersatzteilposition bezogener mittlerer Ersatzteilverbrauch für die operativen Instandsetzungen im Kampagneinsatz

$$VKZ_{KIr} = V_{KI}/N; \quad (3)$$

$N$  Anzahl der untersuchten Teile einer Ersatzteilposition.

**Relative Verbrauchskennzahl für spezialisierte Instandsetzungen<sup>2)</sup> außerhalb des Kampagneinsatzes  $VKZ_{SIr}$ :**

Auf ein Teil einer Ersatzteilposition bezogener mittlerer Ersatzteilverbrauch für spezialisierte Instandsetzungen außerhalb des Kampagneinsatzes

$$VKZ_{SIr} = V_{SI}/N. \quad (4)$$

Folgende Beziehungen sind zu berücksichtigen:

$$N = w_M M \quad (5)$$

$$VKZ_M = w_M VKZ_r; \quad (6)$$

$VKZ_M$  maschinenbezogene Verbrauchskennzahl in der Form  $VKZ_{KIM}$  oder  $VKZ_{SIM}$

$w_M$  Wiederholfaktor des Ersatzteils in der Maschine (in Stück/Maschine)

$VKZ_r$  relative Verbrauchskennzahl in der Form  $VKZ_{KIr}$  oder  $VKZ_{SIr}$ .

Die relativen Verbrauchskennzahlen lassen sich unter den in [5] und [6] untersuchten und im folgenden angegebenen Bedingungen als Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten erstmaliger Ausfälle  $p_1$  deuten:

$$VKZ_{SIr} (VKZ_{SIr} \leq 1,0) = p_1 \quad (7)$$

$$VKZ_{KIr} (VKZ_{KIr} \leq 0,5) = p_1; \quad (8)$$

$p_1$  Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von erstmaligen Ausfällen.

Das bedeutet, relative Verbrauchskennzahlen für spezialisierte Instandsetzungen  $VKZ_{SIr}$  können als Wahrscheinlichkeiten  $p_1$  für das Auftreten von Erstaussfällen interpretiert werden, wenn ihr Zahlenwert kleiner gleich 1,0 ist, relative Verbrauchskennzahlen für operative Instandsetzungen  $VKZ_{KIr}$  entsprechend bei einem Zahlenwert kleiner gleich 0,5. Die gemäß den Bedingungen (7) und (8) als Wahrscheinlichkeitsgrößen  $p_1$  darstellbaren relativen Verbrauchskennzahlen  $VKZ_r$  sind in der vorzustellenden Methode Eingangsgrößen zur Berechnung der Bevorratungskennzahlen  $BKZ_M$  bzw.  $BKZ_r$ . Diese werden folgendermaßen definiert:

**Maschinenbezogene Bevorratungskennzahl  $BKZ_M$ <sup>4)</sup>:**

Kennzahl des Ersatzteilbedarfs je Maschine für die in einem bestimmten Zeitraum von einem Ersatzteillager zu versorgenden Arbeitsmittel gleichen Typs

$$BKZ_M = B/M_L; \quad (9)$$

$B$  Bedarf eines Ersatzteillagers

$M_L$  Anzahl der von einem Ersatzteillager zu versorgenden Maschinen gleichen Typs.

**Relative Bevorratungskennzahl  $BKZ_r$ <sup>4)</sup>:**

Auf ein Teil einer Ersatzteilposition bezogener Ersatzteilbedarf eines Ersatzteillagers in einem bestimmten Zeitraum für Arbeitsmittel gleichen Typs

$$BKZ_r = B/N_L \quad (10)$$

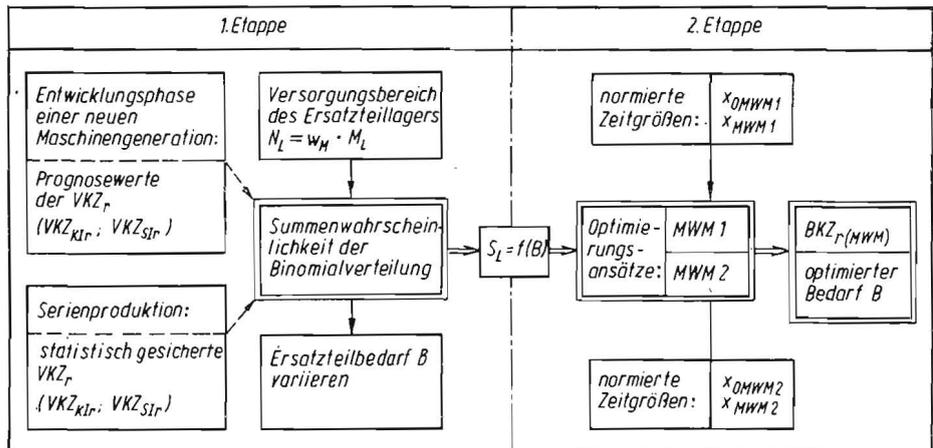
$$N_L = w_M M_L \quad (11)$$

$$BKZ_M = w_M BKZ_r; \quad (12)$$

$N_L$  Anzahl der Einzelteile einer Position, die in den  $M_L$  Maschinen installiert sind.

Die Bevorratungskennzahlen  $BKZ_M$  bzw.  $BKZ_r$  stimmen im allgemeinen zahlenmäßig nicht mit den Verbrauchskennzahlen  $VKZ_{KIM}$  oder  $VKZ_{SIM}$  bzw.  $VKZ_{KIr}$  oder  $VKZ_{SIr}$  überein.

Bild 1. Methode zur Berechnung wissenschaftlich begründeter Bevorratungskennzahlen;  $BKZ_r(M, w_M)$  Bevorratungskennzahl, die in Beziehung (20) das Minimum realisiert



Tafel 1. Optimierungsmodelle MWM — Zusammenstellung der Optimierungsergebnisse  
( $N_L = 10$  Stück,  $x_{OMWM} = 0,10$ ,  $x_{MWM} = 0,5 \dots 3,0$ )

$x_{MWM}$	VKZ <sub>r</sub>	0,005	0,01	0,0125	0,02	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0**)	0**)	0**)	0**)	0**)	0,10	0,10	0,20	0**)	0**)	0**)
	B	0**)	0**)	0**)	0**)	0**)	1,0	1,0	2,0	0**)	0**)	0**)
1,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0**)	0**)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70
	B	0**)	0**)	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	4,0	5,0	6,0	7,0
1,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0**)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	0,50	0,60	0,80
	B	0**)	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	4,0	5,0	6,0	8,0
2,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0**)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	0,80
	B	0**)	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	8,0
3,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,70	0,80
	B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	6,0	7,0	8,0

\*\*) Versorgungsbereich vergrößern oder Ersatzteil in einer höheren Lagerebene halten!

Tafel 2. Optimierungsmodelle MWM — Zusammenstellung der Optimierungsergebnisse  
( $N_L = 20$  Stück,  $x_{OMWM} = 0,10$ ,  $x_{MWM} = 0,5 \dots 3,0$ )

$x_{MWM}$	VKZ <sub>r</sub>	0,005	0,01	0,0125	0,02	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0**)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,15	0,30	0**)	0**)	0**)
	B	0**)	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	6,0	0**)	0**)	0**)
1,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,15	0,20	0,35	0,45	0,55	0,70
	B	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	7,0	9,0	11,0	14,0
1,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,25	0,35	0,50	0,60	0,70
	B	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	5,0	7,0	10,0	12,0	14,0
2,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,25	0,40	0,50	0,60	0,70
	B	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0	12,0	14,0
3,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,15	0,25	0,40	0,50	0,65	0,75
	B	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	5,0	8,0	10,0	13,0	15,0

Tafel 3. Optimierungsmodelle MWM — Zusammenstellung der Optimierungsergebnisse  
( $N_L = 30$  Stück,  $x_{OMWM} = 0,10$ ,  $x_{MWM} = 0,5 \dots 3,0$ )

$x_{MWM}$	VKZ <sub>r</sub>	0,005	0,01	0,0125	0,02	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,03	0,03	0,07	0,07	0,10	0,17	0,30	0,40	0**)	0**)
	B	1,0	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	5,0	9,0	12,0	0**)	0**)
1,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,03	0,07	0,07	0,07	0,13	0,20	0,33	0,43	0,53	0,67
	B	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	4,0	6,0	10,0	13,0	16,0	20,0
1,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,07	0,07	0,07	0,10	0,13	0,20	0,33	0,47	0,57	0,67
	B	1,0	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0	14,0	17,0	20,0
2,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,07	0,07	0,10	0,10	0,13	0,23	0,37	0,47	0,60	0,70
	B	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	7,0	11,0	14,0	18,0	21,0
3,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,07	0,07	0,10	0,10	0,17	0,23	0,37	0,50	0,60	0,70
	B	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	7,0	11,0	15,0	18,0	21,0

Tafel 4. Optimierungsmodelle MWM — Zusammenstellung der Optimierungsergebnisse  
( $N_L = 40$  Stück,  $x_{OMWM} = 0,10$ ,  $x_{MWM} = 0,5 \dots 3,0$ )

$x_{MWM}$	VKZ <sub>r</sub>	0,005	0,01	0,0125	0,02	0,025	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
0,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,03	0,05	0,05	0,08	0,10	0,18	0,30	0,40	0**)	0**)
	B	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	4,0	7,0	12,0	16,0	0**)	0**)
1,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,05	0,05	0,08	0,08	0,13	0,20	0,33	0,43	0,55	0,65
	B	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	8,0	13,0	17,0	22,0	26,0
1,5	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,03	0,05	0,05	0,08	0,08	0,13	0,20	0,33	0,45	0,55	0,65
	B	1,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	8,0	13,0	18,0	22,0	26,0
2,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,05	0,08	0,10	0,13	0,20	0,35	0,45	0,58	0,68
	B	2,0	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	14,0	18,0	23,0	27,0
3,0	BKZ <sub>r(MWM)</sub>	0,05	0,05	0,08	0,08	0,10	0,15	0,20	0,35	0,48	0,58	0,68
	B	2,0	2,0	3,0	3,0	4,0	6,0	8,0	14,0	19,0	23,0	27,0

Vielmehr beinhalten die Bevorratungskennzahlen neben den Normalbeständen  $B_n$  ( $B_n = VKZ_{Klr} w_M N_L$ ;  $B_n = VKZ_{Slr} w_M N_L$ ) auch die Sicherheitsbestände. Letztere sind zum Ausgleich der im Einzelfall eines Ersatzteillagers (gegenüber dem im DDR-Maßstab, Bezirks-Maßstab usw. vorhandenen mittleren

Ersatzteilbedarf) möglichen Bedarfsschwankungen unbedingt erforderlich.

### 3. Erarbeitung der Bevorratungskennzahlen

Eingangsgrößen für die Berechnung wissenschaftlich begründeter Bevorratungskennzah-

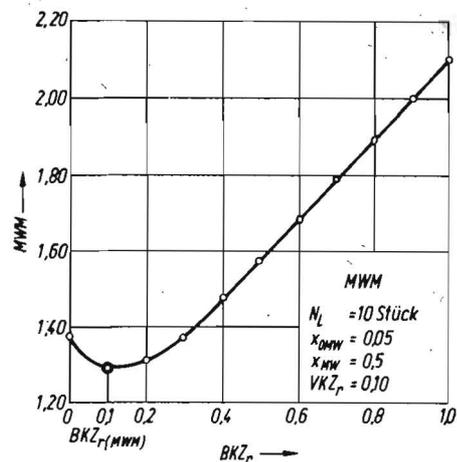


Bild 2. Optimierungskurve zum Bestimmen der günstigsten Bevorratungskennzahl  $BKZ_{r(MWM)}$  nach den Optimierungsansätzen MWM

len  $BKZ_M$  bzw.  $BKZ_r$  sind statistisch gesicherte relative  $VKZ_r$  (Bild 1). Bei der Serienaufnahme einer neuen Maschinengeneration stehen diese meist noch nicht zur Verfügung. Deshalb sind unter den Bedingungen des Serienanlaufs Prognosewerte der relativen  $VKZ_r$  auf der Basis ihrer Vertrauensbereiche zu erarbeiten [6] [7]. Die Methode zur Bestimmung der Bevorratungskennzahlen untergliedert sich in 2 Etappen (Bild 1).

In der 1. Etappe werden mit Hilfe der Summenwahrscheinlichkeiten der Binomialverteilung die von gewissen Lagerbeständen  $B$  eines Ersatzteillagers realisierten „Versorgungssicherheiten“  $S_L$  dieses Lagers für einen konkreten Versorgungsfall berechnet [8]:

$$S_L = \sum_{j=0}^B \binom{N_L}{j} VKZ_r^j (1 - VKZ_r)^{N_L - j}; \quad (13)$$

$S_L$  Versorgungssicherheit.

Der „Versorgungsfall“ wird durch folgende Größen bestimmt:

- Anzahl der zu versorgenden Maschinen  $M_L$  und Wiederholfaktor  $w_M$  ( $N_L$  in Beziehung (13) ist gleich  $w_M M_L$ )
- relative Verbrauchskennzahlen  $VKZ_{Klr}$  bzw.  $VKZ_{Slr}$  unter Beachtung der Bedingungen (7) und (8), d. h.  $VKZ_r$  in Beziehung (13) in der Form  $VKZ_{Klr}$  oder  $VKZ_{Slr}$  einsetzen.

Unter Versorgungssicherheit  $S_L$  wird dabei die Wahrscheinlichkeit verstanden, mit der die Ersatzteillieferungen vom Lager erfüllt werden können.

Das Verfahren der 1. Etappe stellt statistisch den Schluß von der Grundgesamtheit auf die Stichprobe dar. Es gestattet noch nicht die Bestimmung wissenschaftlich begründeter Lagerbestände  $B$  und damit günstiger Versorgungssicherheiten  $S_L$  entsprechend dem in der Problemstellung genannten Optimierungsproblem der Lagerhaltung. Das Verfahren entsprechend Beziehung (13) ist vielmehr ein analytisches Hilfsmittel für die in der 2. Etappe durchzuführende Teiloptimierung. In [5] werden für die Teiloptimierung der 2. Etappe benutzt:

- Kostenansatz  $KM$ , in dem die Summe aus den anteiligen Verlusten infolge des Fehlens der betrachteten Ersatzteilposition bei erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen und der anteiligen Lagerhaltungskosten dieser Position minimiert werden

— Ansätze der Materialwirksamkeit MWM (in Anlehnung an Ihle [9] definiert), auf die im folgenden eingegangen wird (Bild 1).

#### Ansatz MWM 1

Mit dem geringsten Aufwand an Material  $M_r$  soll ein günstiges Verhältnis zwischen geplanter täglicher Operativzeit  $T_{02}$  der Arbeitsmittel und der Ersatzteilbeschaffungszeit  $T_{4215}$  erreicht werden. Dieser Ansatz ist für die Bestandsplanung innerhalb der Kampagneversorgung zu verwenden.

$$\left[ M_r \frac{1}{A_{MWM1}} \right] \Rightarrow \text{Min!} \quad (14)$$

$M_r$  relativer Materialaufwand  
 $A_{MWM1}$  Hilfsgröße.

Unter relativem Materialaufwand  $M_r$  wird hierbei die Summe aus den ursprünglich im Fertigungsprozeß installierten Teilen (Summand 1) und dem für deren Ersetzungen erforderlichen relativen Lagerbestand  $BKZ_r$  verstanden:

$$M_r = 1 + BKZ_r \quad (15)$$

Für die Hilfsgröße  $A_{MWM1}$  gilt:

$$A_{MWM1} = \frac{T_{02}}{T_{02} + T_{4215}} \quad (16)$$

$T_{02}$  geplante tägliche Operativzeit

$T_{4215}$  Gesamt-Ersatzteilbeschaffungszeit.

Im Mittel aller Bedarfsfälle ergibt sich die Gesamt-Ersatzteilbeschaffungszeit  $T_{4215}$  aus:

$$T_{4215} = T_0 + T(1 - S_L) \quad (17)$$

$T_0$  Wegezeit vom Einsatzort der Maschinen zum KVL und zurück

$T$  Beschaffungszeit innerhalb des Ersatzteilversorgungssystems, wenn das benötigte Teil im KVL nicht vorrätig ist.

#### Ansatz MWM 2

Mit dem geringsten Aufwand an Material  $M_r$  soll ein günstiges Verhältnis zwischen Instandsetzungszeit  $T_1$  und Ersatzteilbeschaffungszeit  $T_{4215}$  erreicht werden. Dieser Ansatz ist für die Bestandsplanung innerhalb der Kampagneversorgung und/oder für die der spezialisierten Instandsetzung einsetzbar.

$$\left[ M_r \frac{1}{A_{MWM2}} \right] \Rightarrow \text{Min!} \quad (18)$$

$A_{MWM2}$  Hilfsgröße.

Für die Hilfsgröße  $A_{MWM2}$  gilt:

$$A_{MWM2} = \frac{T_1}{T_1 + T_{4215}} \quad (19)$$

$T_1$  Instandsetzungszeit.

Nach einigen Umformungen erhält man die einheitliche normierte Form für beide Ansätze der Materialwirksamkeit

$$MWM = [1 + BKZ_r] [1 + x_{OMWM} + x_{MWM}(1 - S_L)] \Rightarrow \text{Min!} \quad (20)$$

mit folgenden Beziehungen:

$$x_{OMWM1} = \frac{T_0}{T_{02}}; \quad x_{OMWM2} = \frac{T_0}{T_1} \quad (21)$$

$$x_{MWM1} = \frac{T}{T_{02}}; \quad x_{MWM2} = \frac{T}{T_1}$$

Beide Ansätze der Materialwirksamkeit wurden in einem Durchgang berechnet und die Optimierungsergebnisse getrennt nach MWM 1 und MWM 2 ausgewertet.

Das Beispiel einer Optimierungskurve gemäß

Ansatz (20) ist im Bild 2 dargestellt. Durch Einsetzen der möglichen Bevorratungskennzahlen  $BKZ_r$  im Bereich von 0 bis 1,0, der damit über die Binomialverteilung (13) berechneten Versorgungssicherheiten  $S_L$  und der übrigen Optimierungsparameter in die Beziehung (20) ergibt sich die das Minimum realisierende Bevorratungskennzahl  $BKZ_{r(MWM)}$ . Mit der erläuterten Methode wurden in [5] nach dem Kostenmodell KM und nach den Modellen der Materialwirksamkeit MWM optimierte Bevorratungskennzahlen  $BKZ_{r(KM)}$  bzw.  $BKZ_{r(MWM)}$  berechnet und in Form von Planungstabellen für die Ersatzteil-Bedarfsplanung in den KVL dargestellt. Diese sind ohne Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitsrechnung und der mathematischen Statistik in den KVL zu verwenden. Beispiele aus [5] nach den Modellen der Materialwirksamkeit MWM sind in den Tafeln 1 bis 4 zusammengestellt.

#### Beispiel

Von einem KVL sind 20 Maschinen zu betreiben. Der Wiederholfaktor der betrachteten Ersatzteilposition beträgt  $w_M = 2$  Stück/Maschine. Der Versorgungsbereich ergibt sich somit zu  $N_L = 40$  Stück. Die Wegezeit  $T_0$  vom Maschineneinsatzort zum KVL und zurück beträgt durchschnittlich 10% der geplanten täglichen Operativzeit  $T_{02}$ . Mit  $x_{OMWM1} = T_0/T_{02}$  ergibt sich die normierte Zeitgröße  $x_{OMWM1} = 0,10$ . Die Ersatzteilbeschaffungszeit  $T$  in Realisierung der Eilt-Sehr-Bestellung entspricht durchschnittlich der geplanten täglichen Operativzeit  $T_{02}$ . Mit Beziehung (21) gilt somit  $x_{MWM1} = 1,0$ .

Die Maschinen werden kontinuierlich ausgelastet. Im Verlauf der Kampagne sind neben der Erstlieferung 4 weitere Ersatzteillieferungen in gleichen Abständen vorgesehen. Die gesicherte relative VKZ<sub>r</sub> des betrachteten Schnellverschleißteils beträgt  $VKZ_{K1r} = 0,50$ . Somit ergeben sich der Kampagnebedarf  $B = 26$  Stück bzw. die optimierte Bevorratungskennzahl  $BKZ_{r(MWM1)} = 0,65$  (Tafel 4). Nimmt man in erster Näherung eine lineare Zunahme der relativen VKZ<sub>r</sub> über der Kampagnedauer an, dann müssen für die einzelnen Lieferungen nachfolgende Stückzahlen der betrachteten Position bestellt werden, um nach dem Modell MWM 1 einen günstigen Lagerbestand zu realisieren (Tafel 4):

1. Lieferung:  $B_1 = 8$  Stück  
(mit  $VKZ_{K1r} = 0,10$ )
2. Lieferung:  $B_2 = 13 - 8 = 5$  Stück  
(mit  $VKZ_{K1r} = 0,20$ )
3. Lieferung:  $B_3 = 17 - 13 = 4$  Stück  
(mit  $VKZ_{K1r} = 0,30$ )

usw.

Durch additive Überlagerungen des nach der vorgestellten Methode berechneten Ersatzteilbedarfs entsprechend der geplanten Auslieferungspolitik für eine neue Maschinengeneration kann prinzipiell der Einfluß des Lagerhaltungssystems bei der Ersatzteilplanung des Finalproduzenten berücksichtigt werden.

#### 4. Zusammenfassung

Eingangsgößen für die Berechnung von Ersatzteil-Bevorratungskennzahlen  $BKZ_r$  sind statistisch gesicherte relative Verbrauchskennzahlen  $VKZ_r$  oder beim Serienanlauf einer neuen Maschinengeneration entsprechende Prognosewerte. Diese  $VKZ_r$  müssen als Wahrscheinlichkeiten für Erstaussfälle darstellbar sein. Ist dies im Fall der  $VKZ_r$  für operative Instandsetzungen (z. B. bei Schnellverschleißteilen) nicht zu erwarten, so können diese in der Kampagne intervallweise bestimmt werden.

Die Methode ermöglicht die Ermittlung von BKZ für die Versorgungslager der VEB KfL zur operativen Kampagnebetreuung auf der Basis der Minimierung der anteiligen Kosten [5] und/oder der Materialwirksamkeit.

Der letztere Optimierungsansatz ist analog übertragbar auf die Bestimmung der BKZ für die Lager der spezialisiert instand setzenden Betriebe.

Durch additive Überlagerungen kann diese Methode ebenfalls zur Ersatzteil-Bedarfsplanung beim Hersteller der landtechnischen Arbeitsmittel verwendet werden. Die vorgestellte Methode ist zusätzlich für die Bearbeitung folgender Probleme einsetzbar:

- Berechnung der Mindestgröße des Versorgungsbereichs  $N_L$  in der unteren Lagerebene (KVL) für konkrete Versorgungsfälle; damit kann entschieden werden, welche Positionen in welcher Lagerebene zu lagern sind
- Ermittlung von Störreserven für Anlagen der Pflanzen- und Tierproduktion
- Berechnung des Austauschstocks für Stützpunkte zum Baugruppenaustausch.

#### Literatur

- [1] Kremp, J.: Zu einigen Problemen der Materialökonomie in der Instandhaltung. agrartechnik 25 (1975) H. 3, S. 109—112.
- [2] Anordnung über die Planung, Bilanzierung und Vertragsgestaltung von Ersatzteilen und Baugruppen für die Landwirtschaft vom 8. August 1975. Gesetzblatt der DDR, Sonderdruck Nr. 805.
- [3] TGL 22278/01 Terminologie der landtechnischen Instandhaltung — Grundbegriffe.
- [4] TGL 33384 Instandhaltung — Grundbegriffe Entwurf v. Nov. 1975.
- [5] Petersohn, H.-J.: Beitrag zur Ersatzteilplanung für landtechnische Arbeitsmittel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklungsphase und des Serienanlaufes. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Dissertation 1977 (unveröffentlicht).
- [6] Ihle, G.; Petersohn, H.-J.: Untersuchungen zur Ersatzteilverbrauchs- und Ersatzteilbedarfsplanung landtechnischer Arbeitsmittel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklungsphase. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Forschungsbericht 1975 (unveröffentlicht).
- [7] Petersohn, H.-J.: Bestimmung von Vertrauensbereichen für Ersatzteil-Verbrauchskennzahlen nach einer Methode der mathematischen Statistik. agrartechnik 25 (1975) H. 9, S. 459—462.
- [8] Petersohn, H.-J.: Zur Berücksichtigung der Lagerbestände und Versorgungssicherheiten bei der Ersatzteilbedarfsplanung des Herstellers landtechnischer Arbeitsmittel. Informationen der Land- und Nahrungsgütertechnik der DDR (1975) H. 12, S. 183—186.
- [9] Ihle, G.: Wissenschaftliche Grundlagen für Richtlinien des instandhaltungsgerechten Konstruierens von Maschinen am Beispiel landtechnischer Arbeitsmittel. TU Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik, Dissertation B 1975 (unveröffentlicht). A 1687

- 1) Diese Untersuchungen basieren auf den Ergebnissen von Forschungsarbeiten des Verfassers an der Technischen Universität Dresden, Sektion Kraftfahrzeug-, Land- und Fördertechnik
- 2) „Winterinstandsetzungen“
- 3) z. B. Motor, Getriebe, Vorderachse usw.
- 4) Die Berechnung der BKZ für Ersatzteillager der spezialisierten und der operativen Instandsetzung erfolgt analog, so daß auf deren Unterscheidung, die im Fall der VKZ erforderlich war, verzichtet werden kann